

## **SECADEROS DE HIERBAS AROMÁTICAS EN LA PROVINCIA DE SANTA FE: DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MEJORAS.**

**Miguel A. Lara.<sup>1-2</sup>, Armando Cassinera<sup>2</sup>, Héctor Busilacchi.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>-Facultad de Ciencias Agrarias. (UNR)

<sup>2</sup>-Instituto de Física Rosario –IFIR- (CONICET- UNR)

E-mail. malara@fceia.unr.edu.ar/hbusilac@agatha.unr.edu.ar / cassiner.@ifir.ifir.edu.ar

Av. Pellegrini 250, (2000) Rosario. Argentina.

Campo Exp. Villarino. CC 14. (2123) Zavalla, Santa Fe. Argentina

### **RESUMEN**

La producción de hierbas aromáticas representa una alternativa productiva para pequeños productores del sur de Santa Fe que tradicionalmente se dedicaron a la agricultura extensiva. La técnica de secado resulta indispensable para esta actividad.

En este trabajo, se presentan los resultados de funcionamiento de un túnel de secado a gas, un túnel de pre-secado asociado al anterior y un túnel a gas diseñado en base al funcionamiento de los anteriores y construido en un establecimiento por los propios productores.

La combinación de “oreado al aire + presecado + secado convencional” resultó ser la mejor alternativa energética.

El nuevo túnel mostró deficiencias constructivas (falta de aislamiento), y de diseño (mala distribución del aire) que se manifiestan en el consumo de energía y en la velocidad de secado.

**Palabras clave:** Secado, Aromáticas, Menta,

### **INTRODUCCIÓN**

El sur de la provincia de Santa Fe se caracterizó tradicionalmente por la producción de cereales y oleaginosas en forma extensiva. En los últimos años ha crecido el interés por la diversificación productiva y la búsqueda de alternativas que permitan ampliar la base de sustentabilidad de los pequeños y medianos productores agropecuarios. En este sentido la producción de hierbas aromáticas para deshidratado se está desarrollando paulatinamente y con creciente interés.

Teniendo en cuenta las condiciones climáticas de nuestra provincia (elevado número de días con alta humedad relativa) el secado artificial se convierte en una práctica indispensable para la obtención de hierbas deshidratadas de alta calidad. De esta manera se evita la reproducción fúngica y bacteriana dentro del producto con la consiguiente fermentación, pérdida de color, aroma y sabor. (Muñoz, 1993; Mohsenin, 1980).

El secado de hierbas aromáticas en túneles (Kneule, 1976), sobre bandejas, presenta una serie de inconvenientes cuando se trata de una escala semi-industrial, dados por la baja transferencia de energía del aire al producto y falta de uniformidad en el secado, lo que trae aparejado un aumento en la mano de obra por la necesidad de rotar las bandejas durante el proceso.

En una primera etapa, el objetivo fue relevar y mejorar la eficiencia de secado del túnel (Henderson, et al. 1997), perteneciente a un grupo de productores de aromáticas del sur de la Pcia de Santa Fe. En una segunda etapa (ciclo 2000 – 2001) y a partir de los datos obtenidos en la campaña previa (1999 – 2000), se diseñó y construye un túnel para un presecado con aporte de energía solar y otro secadero con energía convencional (gas) para la producción de menta deshidratada.

### **MATERIALES Y MÉTODO**

Los ensayos se realizaron en dos establecimientos, de las localidades de Chabás y Sanford del departamento Caseros del sur de la Pcia. de Santa Fe que se encuentran ubicados a (33°15' S y 61°20' O), dedicados a la producción de plantas aromáticas y medicinales, siendo el principal cultivo la Menta inglesa o piperita. (*Mentha piperita*).

Las características agroecológicas de la zona se definen por las precipitaciones que oscilan en término medio alrededor de los 900 a 1000 mm. anuales. Su distribución presenta un déficit marcado en el invierno y ligero en el verano y un exceso en el período de marzo-abril y septiembre - noviembre. Las épocas de cosecha se caracterizan por una alta humedad relativa (60 a 90 %).

La producción de Menta en el establecimiento de Chabás se lleva adelante en un lote de 1,7 has mientras que el de la localidad de Sanford (a 12 km de la primera sobre Ruta Nac 33) en dos lotes de 1,8 has y 2,4 has.

### **Descripción de los secaderos:**

#### **Túnel Chabás**

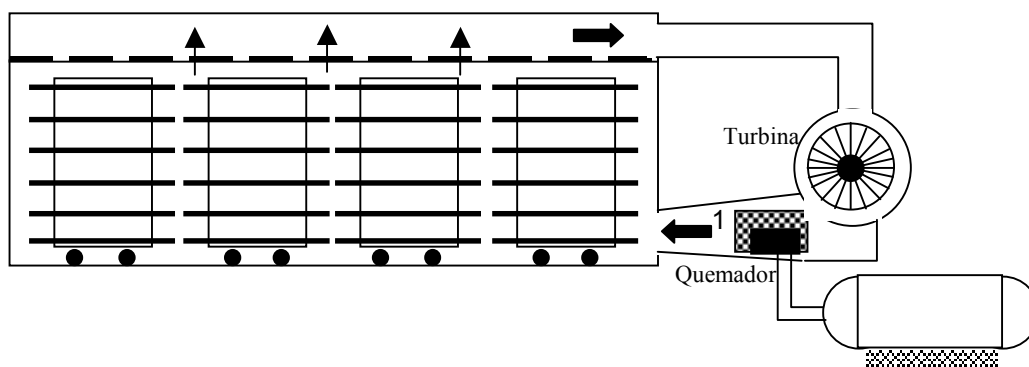
Consta de una cámara de 8,1 m de largo, 2,33 m de ancho y 2,01 m de alto construida con paredes y techos provistos de un aislamiento de poliestireno expandido de 10cm de espesor. Las caras interna y externa están construidas con chapa de aluminio de 1mm de espesor.

Dentro de esta cámara se ubican cuatro cuerpos de seis bandejas planas superpuestas cada uno. Cada bandeja mide 2,16 m de largo, 2,02 m de ancho construidas con una estructura de caño y el piso que sostiene el material a secar es de tela de media sombra del 60%. En cada vértice poseen un encastre que las hace apilables sin necesidad de una estructura adicional.

Dentro de la cámara se introdujo una modificación que no compromete su estructura original pero cambia sustancialmente la distribución del aire de secado. Consiste en un falso techo de polietileno perforado, ubicado a veinte centímetros por debajo del techo original con lo cual queda inmediatamente por encima de las bandejas superiores.

La entrada y salida del aire de secado se encuentran en el mismo extremo de la cámara estando la primera a nivel del piso y la segunda en la parte superior. La cámara de secado está unida a la turbina a través de un conducto de recuperación de aire que es otra de las modificaciones introducidas.

La energía del sistema es provista por la combustión de gas propano que se encuentra en un depósito de 2000 litros. Este alimenta un quemador con intercambiador cuyo consumo máximo es 50.000Kcal/hora y el aire es impulsado por un motoventilador centrífugo de 3312 W de potencia (Fig. 1).



*Fig. 1: Túnel de secado Chabás. Esquema general, distribución de sensores (1 a 5) y toma de muestras (B1 a B6)*

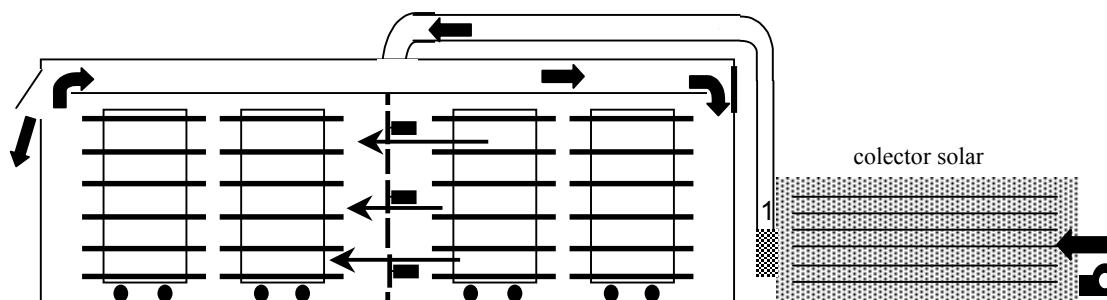
#### **Túnel de presecado**

Este túnel fue construido como complemento del sistema anterior con el objetivo de bajar el contenido de humedad del material que va a ingresar al mismo. En este caso la energía la provee un colector solar plástico de 10 m<sup>2</sup> y el aire es impulsado por un motoventilador eléctrico centrífugo de 736 W de potencia.(Cassinera et al., 1994).

La cámara de presecado fue construida dentro del mismo galpón donde se realizan otras tareas asociadas. Consta de una estructura de caño apoyada sobre una de las paredes del galpón y las restantes paredes y techo están contruidos de polietileno transparente de 200 micrones.

En la parte central hay una pared transversal de madera en la cual están distribuidos cinco ventiladores axiales (242W c/u) los cuales se distribuyen en los cuatro vértices de un cuadrado imaginario y el restante en el centro. Esta pared divide a la cámara en dos sub cámaras donde se ubican las bandejas que luego pasarán al túnel de secado. En la parte superior se encuentra un doble techo que conforma otra cámara donde ingresa el aire proveniente del colector solar.

Los ventiladores recirculan el aire y tienen la posibilidad de realizarlo en ambos sentidos. Dos compuertas superiores permiten regular la renovación del aire. Dimensiones del sistema: 9,88m de largo, 2,20 m de ancho y 1,91m de alto (Fig. 2).



*Fig. 2: Esquema Túnel de presecado. Distribución de sensores (1 a 5) y toma de muestras (A1-A3; B1-B3).*

## Túnel Sanford

Teniendo en cuenta el funcionamiento del Túnel Chabás y sus limitaciones en cuanto a la distribución del aire, se diseñó un túnel de características similares al Túnel de presecado y fue construido en un establecimiento de la localidad de Sanford por los propios productores.

Al igual que el túnel de presecado, fue ubicado dentro de un galpón y los materiales utilizados en su construcción son una estructura de caño de hierro con paredes y techo de “fibrofácil”.

Posee una cámara de secado dividida por una pared transversal en dos partes de 4,35 m cada una, donde están ubicados cinco ventiladores axiales de 242 W de potencia cada uno. Los ventiladores se distribuyen en los cuatro vértices de un cuadrado imaginario y el restante en el centro. Cada una de las cámaras, posee una compuerta levadiza por donde se colocan y sacan dos cuerpos de siete bandejas superpuestas cada uno.

La energía para el calentamiento del aire se obtiene de la combustión de gas propano a través de un quemador con intercambiador de  $40,63 \times 10^3$  W. de consumo máximo. El aire caliente es impulsado hacia una cámara superior y de allí hacia el interior de la cámara de secado por un motoventilador centrífugo de 736 W de potencia.

La cámara superior de 0,5 m de alto, tiene la posibilidad de orientar el flujo de aire hacia un extremo u otro de la cámara de secado a través de un dispositivo sencillo ubicado en la entrada. Las dimensiones de este túnel son: 10,50 m de largo, 2,10 m de ancho y 2,40 m de alto. (Fig. 3)

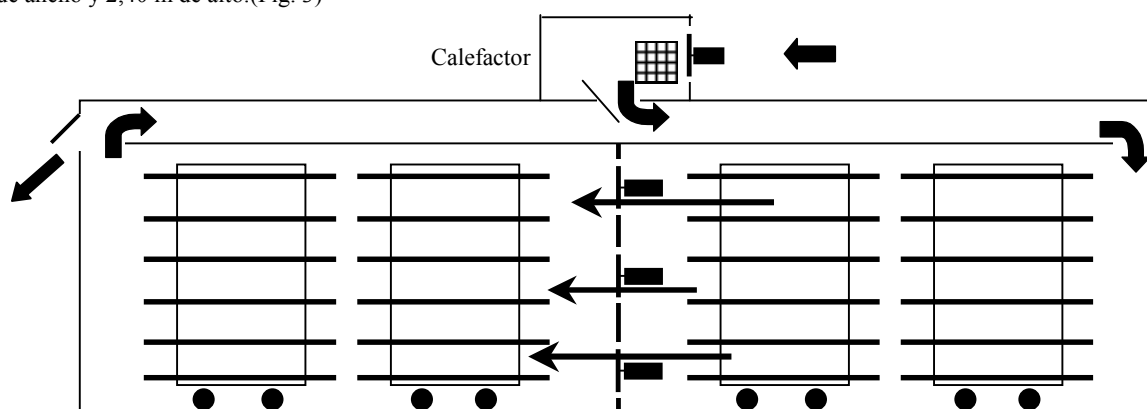


Fig. 3: Túnel Sanford. Esquema general, distribución de sensores (1a 4) y toma de muestras (A1-A3; B1-B3).

El monitoreo y medición de los parámetros se realizó con: termocuplas tipo T norma NBS, higrómetro Vaisala HMT 14, piranómetro Kipp & Zonen, Mod. CM6B, anemómetros Testo 425 y TSI, Mod. 1650, sistema de adquisición de datos FLUKE 2240C. La pérdida de masa de agua, se efectuó en laboratorio a 45°C durante 24 hs, a través del método gravimétrico (balanza electrónica ESCALTEC SBA 41,  $d = 0,001$  g).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Las curvas de temperatura que aparecen en las figuras 4, 6 y 8 fueron medidas en los puntos señalados en los esquemas correspondientes al igual que las curvas de humedad del material de las figuras 5, 7 y 9.

### Túnel Chabás

En la tabla 1 se muestra el comportamiento del túnel respecto a la distribución de aire con y sin carga (las referencias de Izquierda, Medio y Derecha deben interpretarse de acuerdo al esquema de la figura 1). Los datos de velocidad de aire en bandejas sin carga, nos muestran la falta de uniformidad en la distribución del aire especialmente para el primer y segundo cuerpo de bandejas. Cuando el túnel se encuentra con carga, se registran mayores velocidades de aire sobre el material y mayor desuniformidad en la parte inferior.

Velocidad del aire entre bandejas sin carga (m/s)												
	1			2			3			4		
	Izq.	Med.	Der.	Izq.	Med.	Der.	Izq.	Med.	Der.	Izq.	Med.	Der.
Superior	2,50	0,50	1,00	1,50	0,80	0,90	0,20	0,20	0,30	0,40	0,40	0,60
Medio	0,60	2,50	0,70	0,30	0,60	0,70	0,50	0,30	0,40	0,20	0,20	1,00
Inferior	5,00	6,50	5,20	3,80	4,00	3,80	0,20	0,20	0,80	0,15	0,15	0,80
Velocidad del aire entre bandejas con carga (m/s)												
Superior	0,70	0,50	0,50	0,70	0,50	0,20	0,70	0,15	0,30			
Medio	0,60	0,75	0,30	0,20	0,20	0,10	0,90	0,40	0,10			
Inferior	0,80	3,50	3,00	1,10	1,20	2,90	0,50	2,20	3,60			

Tabla 1: Velocidad del aire en distintas posiciones dentro del secadero con carga y sin carga.

En la figura 4 se muestran las variaciones de temperatura para distintas posiciones en el túnel cargado. Debido a que el túnel no cuenta con regulación automática, a las 12.45 hs se interrumpe el suministro de calor cuando la temperatura de la termocupla 5 (T5, ver Fig 1) alcanzó los 45 C, a las 13.25 hs con una T5 de 40 C se enciende nuevamente el quemador.

En la figura 5 se muestra la evolución del contenido de humedad durante el periodo de secado para el segundo cuerpo de bandejas en sus distintos niveles (ver Fig 1). Estos datos muestran las diferencias de secado en los diversos niveles acorde con las variaciones en las velocidades de aire

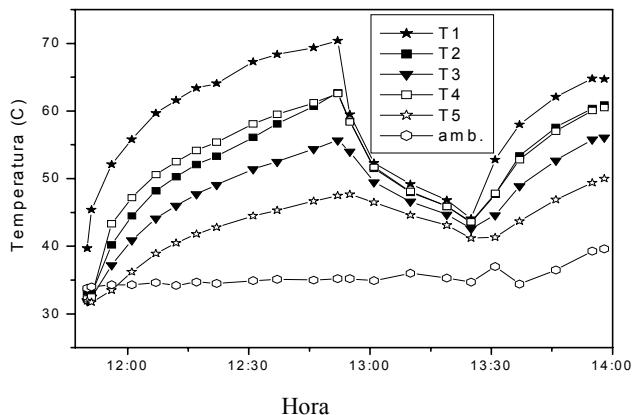


Fig.:4: Evolución de la temperatura. Túnel Chabás

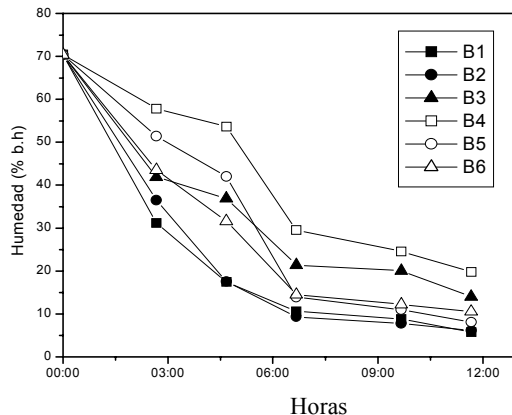


Fig. 5: humedad del producto durante 12 hs. de secado

#### Túnel de Presecado con aporte solar

En la figura 6 puede verse la variación de la temperatura del aire calentado por el colector solar durante el ensayo y la evolución de las temperaturas dentro del túnel en un periodo de cuatro horas. La diferencia de temperaturas en uno y otro lado se debe a la diferencia de caudales; mientras en el colector solar circulan  $0,11\text{ m}^3/\text{s}$ ., el caudal dentro del túnel es de  $5,4\text{ m}^3/\text{s}$ ., por lo cual el aporte solar es poco significativo y en consecuencia el secado se produjo fundamentalmente con la energía del aire ambiente que ingresa al sistema. Por esta razón el aire que está en contacto con el material verde está a menor temperatura que el aire ambiente. Cabe destacar que el colector solar utilizado fue diseñado para un secador prototipo de granos de Amaranto por lo que sus dimensiones resultaron insuficientes para este caso.

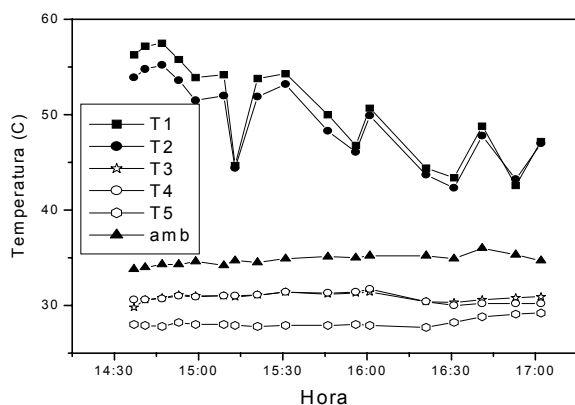


Fig.: 6: Evolución de las temperaturas. Túnel de Presecado

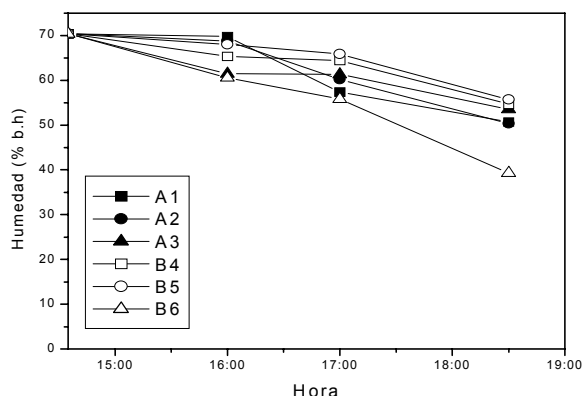


Fig.: 7: Humedad del producto durante el secado

#### Túnel Sanford

La figura 8 muestra la evolución de las temperaturas registradas (según sensores Fig:3) durante un periodo de secado donde se fueron modificando las condiciones de caudal y sentido de flujo de aire. Desde el inicio hasta las 12:25 hs. el flujo es del Sector B hacia A con máximo caudal de aire ( $5,25\text{ m}^3/\text{s}$ .).

La siguiente hora (hasta las 13:25) el flujo se invierte manteniendo el mismo caudal y durante la ultima hora se vuelve al sentido inicial pero con un caudal de  $2,7\text{ m}^3/\text{s}$ . En este último periodo, se observa la regulación automática del quemador en las variaciones bruscas de la curva T1 debido a que el bajo caudal produce una elevación muy rápida de la temperatura.

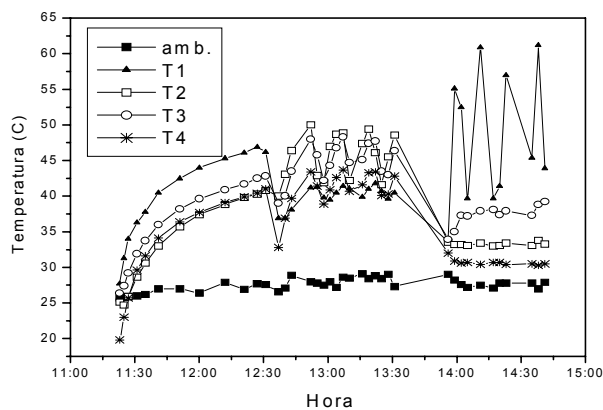


Fig. 8: Evolución de las temperaturas. Túnel Sanford

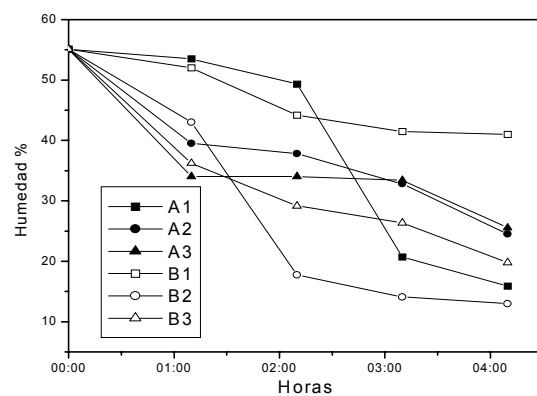


Fig. 9: Humedad del producto durante 4,5 hs. de secado

Se presenta a continuación un resumen comparativo de diversos parámetros medidos en los distintos sistemas y un cálculo del gasto de energía consumida.

	Oreado al aire	Pre-secado Solar	Túnel Chabás Original	T. Chabás Modificado	Túnel Sanford	Túnel Chabás Modificado. (luego de oreado y presecado solar)
Humedad inicial (%)	80	70,35	70,35	70,35	70,35	56,4
Humedad final (%)	70,35	56,4	5	5	5	5
Masa Húmeda (Kg)	390	264,5	390	395	348	178
Masa Seca (Kg)	264,5	178	82	83	76	82
Agua extraída (Kg)	125,5	86,5	182,2	182,2	167	96
Tiempo de secado (h)	4,5	3,5	14	12	12	6
Veloc. Secado (Kg. m. s/hora)			5,9	6,9	6,33	8,63
Caudal aire (m³/s)		5,4	1,2	1,2	5,2	1,2
Motores: Pot. Electr (KW)		2,024	4,05	4,05	2,208	4,05
Gas: Consumo (Kg)			63,5	54,5	38	27,2
Gas: Q espec. (MJ/m³)			91,6	91,6	91,6	91,6
Quemador: Consumo (MJ/h)			209	209	146,3	209
Gas: Consumo total (MJ)			2926	2508	1755	1254
Electr.: Consumo total (MJ)		24,5	204	174,8	95,3	87,43
E. Solar Entregada (MJ)		176,2				
Energía: Cons. Total (MJ)		207,7	3130	2682,8	1850,3	1341,43
Energía: Cons (MJ/Kg agua)		2,3	17,17	14,72	11,08	13,96
Gas: Consumo (\$)			24,13	20,71	14,44	10,33
Electricidad: Consumo (\$)		1,91	13,03	11,17	6,96	5,58
Energía: Consumo Total (\$)		1,91	37,16	31,88	21,38	17,82 *
Energía: Cons. (\$/Kg m. seca)			0,45	0,38	0,28	0,21

\*. Incluye el consumo de electricidad del presecado con aporte solar.

Tabla 2: Resumen comparativo de los principales parámetros analizados en los distintos sistemas de secado

## CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos, se pueden inferir las siguientes conclusiones:

- El oreado al aire del material recién cosechado (con mas de 75% de humedad), cuando las condiciones ambientales lo permiten, representa una práctica recomendable ya que no implica trabajo extra y produce un ahorro de energía (en este caso se disipó el 32% de agua)
- El presecado con aporte de energía solar debería ser analizado con una superficie colectora adecuada ya que en este caso el resultado es levemente superior al del oreado al aire (32,5 % de agua). Desde el punto de vista energético seguramente se demostrará su importancia en un esquema de secado combinado y un análisis económico revelaría la conveniencia o no de su instalación en una zona húmeda y de alta nubosidad.
- La combinación de “oreado + presecado + secado en túnel” en un día solado, seco y muy caluroso resultó la de menor gasto de energía convencional (gas + electricidad) para un tiempo total de secado similar a las demás combinaciones.

- El túnel Chabás mostró deficiencias en su monitoreo previo: mala distribución del aire , baja velocidad de secado y un alto consumo. Las modificaciones realizadas (doble techo, recirculación de aire, aislación del quemador), permitieron un ahorro de energía de 8,5%.
- El túnel Sanford mostró deficiencias constructivas (falta de aislamiento) y de diseño (mala distribución del aire) que se manifiestan en el consumo de energía y en la velocidad de secado.

## ABSTRACT

The production of aromatic herbs represents a productive alternative for small producers of the south of Santa Fe that traditionally dedicated themselves to extensive agriculture. The drying technique is indispensable for this activity.

The operation results of a pre-drying tunnel and a gas drying tunnel associated to the previous are presented in this work. On the basis of the operation of the previous system, producers. Constructed a new gas tunnel whose performance is also discussed.

The combination of natural convection drying + pre-drying with solar energy + conventional drying turned out to be the best power alternative.

The new tunnel showed constructive deficiencies (lack of insulation), and of design (bad distribution of the air.) that reflected on energy consumption and on drying rate.

**Key words:** Drying, Aromatic, Mint.

## REFERENCIAS.

Cassinera,A; Abalone,R; Lara, M, A.(1994) Colector solar plástico de aire. Actas Asades XVII, Tomo 1, 361-367

Henderson, S; Perry, R; and Young, J. .(1997). Principles of process engineering ASAE. St. Joseph Mi. EEUU.

Kneule, F. (1976). El secado Tomo I. Urmo SA. Bilbao. España.

Mohsenin, N. (1980). Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Publishers Ltd. París.

Muñoz, F. (1993). Plantas medicinales y aromáticas. Estudio, cultivo y procesado. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.